

**SINTESIS *MAGNESIUM FERRITE* ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) DAN KARAKTERISASINYA  
MENGUNAKAN INSTRUMEN FTIR DAN XRD**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Kimia**

**Oleh:**

**JASMINE RAHMA KESUMA NIRVANA**

**D 500 170 019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2021**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SINTESIS *MAGNESIUM FERRITE* ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) DAN KARAKTERISASINYA  
MENGUNAKAN INSTRUMEN FTIR DAN XRD**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**JASMINE RAHMA KESUMA NIRVANA**

**D 500 170 019**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen  
Pembimbing



**Siti Fatimah, S.Si. M.Sc.**

**NIDN. 0026028206**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SINTESIS *MAGNESIUM FERRITE* ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) DAN KARAKTERISASINYA  
MENGUNAKAN INSTRUMEN FTIR DAN XRD**

**OLEH**

**JASMINE RAHMA KESUMA NIRVANA**

**D500170019**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari ~~Senin~~, 21 Juni 2021  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

1. Siti Fatimah, S.Si, M.Sc.  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Muhammad Mujiburohman, S.T, M.T, Ph.D  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Dr. Ir. Ahmad Muhammad Fuadi, M.T  
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)  
(.....)  
(.....)



**Dekan,**

**Ir. Sri Sunariono, M.T, Ph.D**

**NIK. 682**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oranglain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 21 Juni 2021

Penulis



**JASMINE RAHMA KESUMA NIRVANA**  
**D500170019**

# SINTESIS *MAGNESIUM FERRITE* ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) DAN KARAKTERISASINYA MENGUNAKAN INSTRUMEN FTIR DAN XRD

## Abstrak

Perkembangan teknologi nano atau dalam bahasa ilmiah disebut *nanotechnology* sangat pesat selama dua dekade terakhir ini. Nanopartikel *magnesium ferrite* dapat dimanfaatkan sebagai adsorben berskala nano yang dapat mengikat ion-ion logam berat yang terdapat pada air limbah. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kopresipitasi dengan NaOH sebagai kopresipitan. Karakterisasi *magnesium ferrite* ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) menggunakan uji *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) bertujuan untuk mengetahui ikatan-ikatan kimia yang terkandung dalam sampel. Sedangkan, karakterisasi *magnesium ferrite* ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) menggunakan uji *X-ray Diffraction* (XRD) bertujuan untuk menganalisis ukuran kristal *magnesium ferrite* ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) yang terbentuk pada sampel. Pada uji analisis FTIR, pada sampel A tidak terbentuk gugus *ferrite* sebagai karakter nanopartikel  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  sedangkan pada sampel B, C, dan D telah terbentuk gugus *ferrite*. Pada uji analisis XRD, pada konsentrasi NaOH 7 M dan suhu sintesis  $75^\circ\text{C}$  menghasilkan estimasi ukuran butir nanopartikel sebesar 66,4 nm. Sedangkan pada konsentrasi 7 M dan suhu  $35^\circ\text{C}$  menghasilkan estimasi ukuran butir nanopartikel sebesar 38,2 nm. Ukuran butir tersebut telah memenuhi *range* kristal nanopartikel yaitu 1 – 100 nm.

Kata kunci : FTIR, kopresipitasi, *magnesium ferrite*, nanopartikel, XRD

## Abstract

*Nanotechnology has been rapidly developed since last two decades. Magnesium ferrite ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) nanoparticles could be utilized as nanoadsorbent to bond heavy metals ions in waste water. The method used in this research was coprecipitation method. Characterization of magnesium ferrite ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) by using Fourier Transform Infra Red (FTIR) instrument aims for knowing the existance of chemical bonds in the samples. Besides, characterization of magnesium ferrite ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) by using X-ray Diffraction (XRD) aims to analyze crystal structure measurement of magnesium ferrite ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) formation. In FTIR analysis test, in sample A there was no ferrite group formed as  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  nanoparticle character, but in samples B, C, and D the ferrite group was formed. In XRD analysis test, for NaOH concentration of 7 M and synthesis temperature of  $75^\circ\text{C}$  the nanoparticles with a size of 66,4 nm were obtained. Meanwhile, in NaOH concentration of 7 M and synthesis temperature at  $35^\circ\text{C}$  the nanoparticles with a size of 38,2 nm was obtained. These sizes have met the size range of nanoparticles, i. e. 1 – 100 nm.*

Keywords : coprecipitation, FTIR, *magnesium ferrite*, nanoparticles, XRD

## 1. PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang dinamis membuat sebagian besar manusia melakukan penelitian inovasi dan kompetitif. Salah satu penelitian yang sedang banyak dilakukan yaitu teknologi nano. Perkembangan teknologi nano atau dalam bahasa ilmiah disebut *nanotechnology* sangat pesat selama dua dekade terakhir ini. Penerapan *nanotechnology* juga dinilai mampu meningkatkan produk inovatif di berbagai bidang. Beberapa negara telah menerapkan teknologi nano sebagai penunjang berbagai sektor seperti pertanian, pangan, tekstil, kesehatan hingga pengolahan limbah. Bahkan, teknologi nano dapat diterapkan dalam bidang

medis yaitu *nanomedicine* (Arsyi et al., 2018). Seiring dengan perkembangannya yang semakin pesat, beberapa negara seperti Amerika Serikat bahkan mendirikan komunitas *research* yang fokus pada pengembangan nanopartikel yaitu *National Nanotechnology Initiative (NNI)* (Ariningsih, 2016).

Nanopartikel *spinel ferrite* memiliki struktur material yang unik yakni bentuk struktur kubik spinel dengan rumus struktur  $MFe_2O_4$  dimana M adalah ion logam unsur transisi (Mn, Cd, Co, Ni, Zn, Mg, Fe). Dalam penelitian ini, nanopartikel *spinel ferrite* yang akan diteliti yaitu magnesium ferrit ( $MgFe_2O_4$ ). Nanopartikel  $MgFe_2O_4$  dapat diaplikasikan sebagai adsorben untuk menyerap ion logam berat pada limbah cair. Berbagai metode pembuatan nanopartikel  $MgFe_2O_4$  yang telah dikembangkan diantaranya mikroemulsi, hidrotermal, kopresipitasi, *sol gel*, dekomposisi termal dan sonokimia (Thompson et al., 2017). Namun, metode yang dinilai paling efektif yaitu kopresipitasi karena menggunakan suhu rendah, sederhana, mudah dan menghasilkan ukuran partikel berukuran nano. Metode kopresipitasi menggunakan kopresipitan yaitu NaOH. Konsentrasi NaOH yang divariasikan akan berpengaruh pada ukuran nanopartikel yang dihasilkan. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini menghasilkan informasi nanopartikel  $MgFe_2O_4$  untuk mendapatkan sifat nanopartikelnya agar dapat diaplikasikan secara optimal.

## 2. METODE

### 2.1 Persiapan Bahan baku

Persiapan bahan baku yang digunakan yaitu  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , HCl, dan  $FeCl_2 \cdot 6H_2O$

### 2.2 Sintesis Nanopartikel $MgFe_2O_4$

Sintesis nanopartikel  $MgFe_2O_4$  dengan metode kopresipitasi dilakukan dengan mencampurkan 1,018 gram  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ; 2,703 gram  $FeCl_2 \cdot 6H_2O$  dan 3,5 mL HCL (37%) didalam 50 mL aquades sampai homogen. Selanjutnya, campuran tersebut dimasukkan ke dalam 25 mL larutan NaOH tetes demi tetes sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 1000 rpm selama 60 menit dengan variasi suhu sintesis yaitu pada suhu 35°C dan 75°C dan konsentrasi NaOH 7 M. Untuk sampel dengan variasi konsentrasi NaOH dilakukan dengan cara yang sama yaitu pada suhu 60°C dengan variasi konsentrasi NaOH sebanyak 2,5 M dan 7 M. Setelah itu,  $MgFe_2O_4$  dicuci sebanyak 6 kali menggunakan aquades. Proses pengendapan  $MgFe_2O_4$  menggunakan magnet permanen. Sampel  $MgFe_2O_4$  yang telah dicuci kemudian dikeringkan didalam oven pada suhu 120°C selama 4 jam. Selanjutnya dimasukkan kedalam *furnace* pada suhu 600°C selama 2 jam, maka akan didapatkan produk *spinel ferrite*.

### 2.3 Uji Karakterisasi Nanopartikel $MgFe_2O_4$

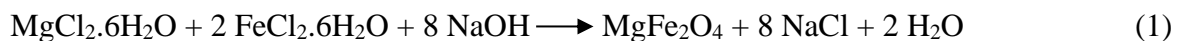
Setelah dilakukan sintesis nanopartikel  $MgFe_2O_4$ , sampel akan dikarakterisasi dengan

menggunakan spektroskopi *Fourier-transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) pada variasi suhu sintesis yaitu pada suhu 35°C dan 75°C dan konsentrasi NaOH 7 M. Untuk sampel dengan variasi konsentrasi NaOH dilakukan dengan cara yang sama yaitu pada suhu 60°C dengan variasi konsentrasi NaOH sebanyak 2,5 M dan 7 M. Sedangkan, uji *X-ray Diffraction* (XRD) dilakukan pada konsentrasi NaOH 7 M dengan variasi suhu 35°C dan 75°C. Sehingga didapatkan karakteristik nanopartikel  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  yang paling baik. Dalam uji FTIR akan diperoleh nanopartikel  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  dengan adanya gugus *ferrite* yang merupakan karakteristik  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  pada bilangan gelombang tertentu sedangkan pada uji XRD akan didapatkan estimasi ukuran nanopartikel  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  berdasarkan intensitas pada sudut  $2\theta$  tertentu.

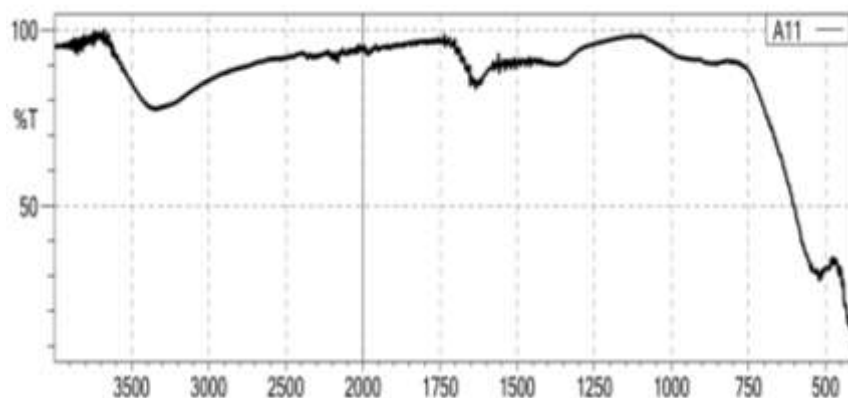
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Uji FTIR

Pengujian sampel menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui ikatan-ikatan apa saja yang terdapat dalam sampel ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ). Berdasarkan jurnal Hermawan dkk. (2015), telah dilakukan pengujian sampel dengan FTIR. Sintesis nanopartikel dilakukan dengan metode kopresipitasi. Pada proses ini menghasilkan endapan dari reaksi sebagai berikut.



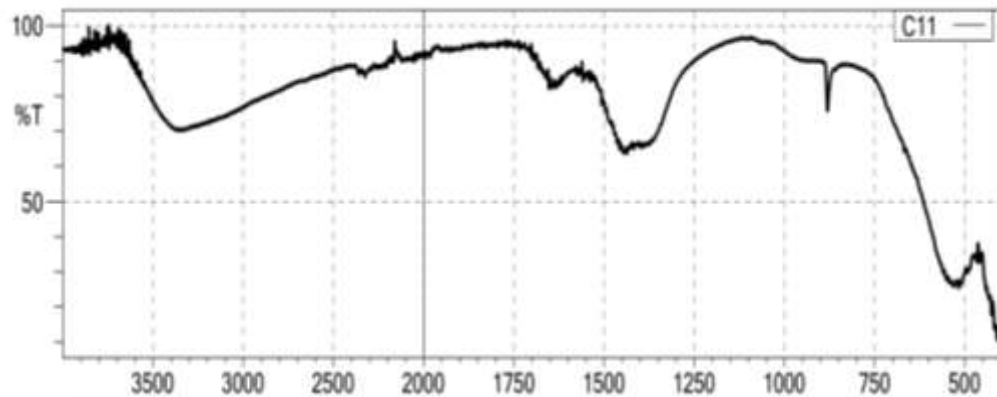
Hasil dari penelitian ini adalah serbuk berwarna coklat kehitaman. Warna coklat kehitaman menjadi ciri adanya fasa  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  dari proses sintesis (Hermawan, Lismawenning, & Suharyadi, 2015). Hasil spektrum pengujian sampel  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  dengan FTIR pada variasi konsentrasi NaOH dapat dilihat pada Gambar 4.1.



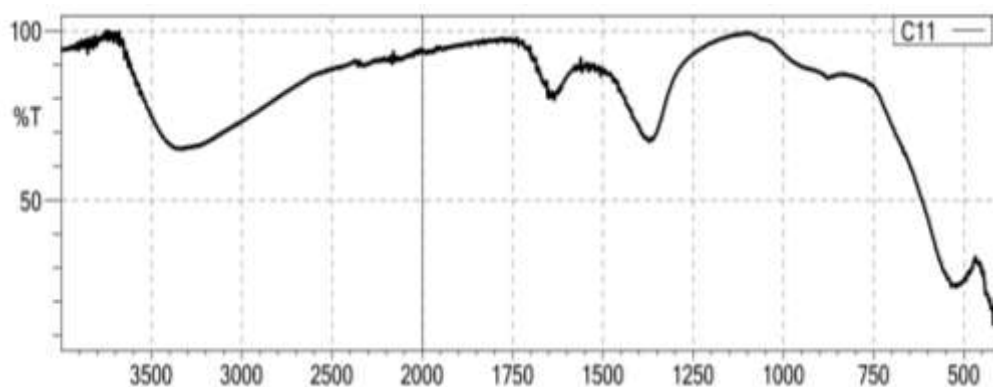
Gambar 1 Spektrum FTIR dari  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  sampel A pada konsentrasi 2,5 M dan suhu 60°C

Berdasarkan Gambar 3.1 Nanopartikel  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  tidak terbentuk karena tidak adanya gugus *ferrite* yang terdapat dalam sampel. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti suhu yang tidak konstan (fluktuatif) saat pengadukan sampel pada saat proses sintesis. Selain itu,

pencucian sampel yang kurang bersih juga dapat menyebabkan gugus *ferrite* tidak terbentuk dalam sampel.



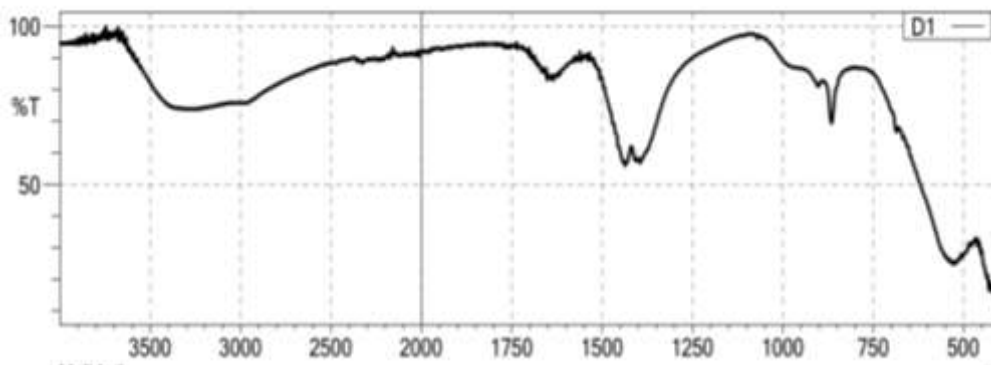
Gambar 2 Spektrum FTIR dari  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  sampel B pada konsentrasi 7 M dan suhu  $60^\circ\text{C}$  Jika dibandingkan dengan pengujian sampel A, sampel B pada Gambar 3.2 menunjukkan pola yang sama. Pada sampel ini, konsentrasi NaOH sebesar 7 M. Nanopartikel  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  pada sampel B terbentuk ditandai dengan adanya puncak serapan gugus *ferrite* pada bilangan gelombang  $720\text{ cm}^{-1}$  dan  $684\text{ cm}^{-1}$ . Namun, pada bilangan gelombang  $698\text{ cm}^{-1}$  terdapat puncak serapan lain yaitu fasa *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) yang bersifat antiferomagnetik. Munculnya fasa *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) akan mempengaruhi sifat magnetik yang dimiliki oleh  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ .



Gambar 3 Spektrum FTIR dari  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  sampel C pada konsentrasi 7 M suhu  $75^\circ\text{C}$

Pada suhu  $75^\circ\text{C}$ , nanopartikel  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  pada sampel B terbentuk ditandai dengan adanya puncak serapan gugus *ferrite* pada bilangan gelombang  $729\text{ cm}^{-1}$ . Namun, pada bilangan gelombang  $711\text{ cm}^{-1}$  terdapat puncak serapan lain yaitu fasa *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) yang bersifat antiferomagnetik. Munculnya fasa *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) akan mempengaruhi sifat magnetik yang dimiliki oleh  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ . Selain itu, terdapat puncak  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  pada bilangan gelombang  $668\text{ cm}^{-1}$  yang dihasilkan merupakan karakter gugus serapan O-H (hidroksida) sebagai hasil vibrasi *stretching* antara atom O dan H.

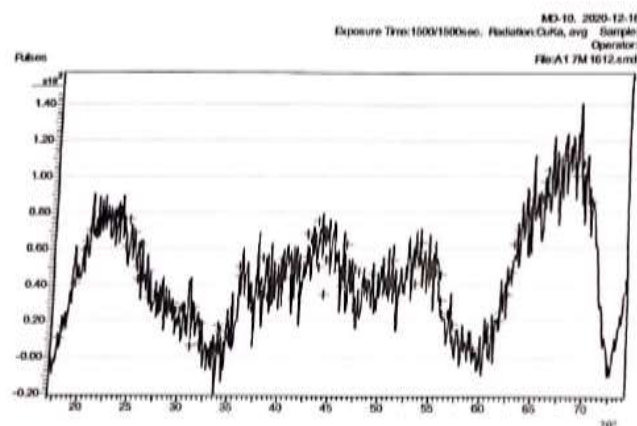




Gambar 4 Spektrum FTIR dari  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  sampel D pada konsentrasi 7 M suhu  $35^\circ\text{C}$

Pada suhu  $35^\circ\text{C}$ , nanopartikel  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  pada sampel D terbentuk ditandai dengan adanya puncak serapan gugus *ferrite* pada bilangan gelombang  $689\text{ cm}^{-1}$  dan  $717\text{ cm}^{-1}$ . Namun, pada bilangan gelombang  $711\text{ cm}^{-1}$  terdapat puncak serapan lain yaitu fasa *hematite* ( $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang bersifat antiferomagnetik. Munculnya fasa *hematite* ( $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) akan mempengaruhi sifat magnetik yang dimiliki oleh  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ . Selain itu, terdapat puncak  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  pada bilangan gelombang  $687\text{ cm}^{-1}$  yang dihasilkan merupakan karakter gugus serapan O-H (hidroksida) sebagai hasil vibrasi *stretching* antara atom O dan H.

### 3.2. Hasil Uji XRD



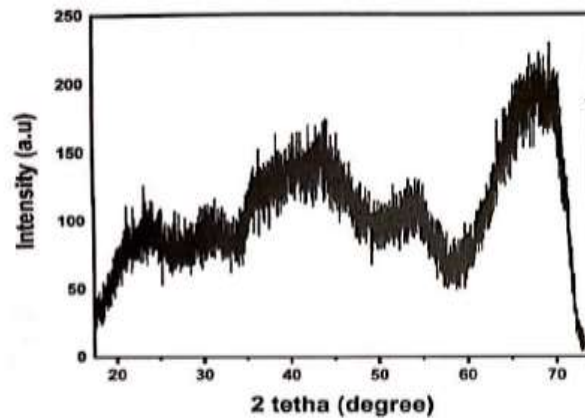
Gambar 5 Pola XRD Nanopartikel  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  sampel B pada Suhu  $75^\circ\text{C}$

Berdasarkan grafik 3.5, dilihat bahwa dari ketinggian puncak utama, sampel B memiliki derajat kristalinitas tinggi. Hal ini dikarenakan umumnya ukuran nanopartikel akan menurun seiring meningkatnya konsentrasi NaOH. Pada sampel, puncak tertinggi terletak pada  $2\theta = 69,24^\circ$  dan  $23,21^\circ$ . Untuk menduga sampel tersebut berukuran nanometer, maka akan dikaji lebih lanjut dengan menghitung estimasi ukuran nanopartikel berdasarkan intensitas sudut yang diperoleh.

$$\text{estimasi ukuran kristal} = \frac{\text{intensitas sudut A} - \text{intensitas sudut B}}{\text{intensitas sudut A}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{69,24 - 23,21}{69,24} \times 100\% \\
 &= 66,4\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, sampel memiliki ukuran nanopartikel 66,4 nm. Hal ini sesuai dengan ukuran nanopartikel yaitu range 1-100 nm.



Gambar 6 Pola XRD Nanopartikel  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  sampel D pada Suhu  $35^\circ\text{C}$

Berdasarkan Gambar 3.6, dilihat bahwa dari ketinggian puncak utama, sampel D memiliki derajat kristalinitas cukup tinggi. Hal ini ditandai dengan adanya dua puncak tertinggi yaitu pada  $2\theta = 69,67^\circ$  dan  $43,05^\circ$ . Untuk menduga sampel tersebut berukuran nanometer, maka akan dikaji lebih lanjut dengan estimasi ukuran nanopartikel berdasarkan intensitas sudut yang diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{estimasi ukuran kristal} &= \frac{\text{intensitas sudut A} - \text{intensitas sudut B}}{\text{intensitas sudut A}} \times 100\% \\
 &= \frac{69,67 - 43,05}{69,67} \times 100\% \\
 &= 38,2\%
 \end{aligned} \tag{2}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, sampel memiliki ukuran nanopartikel 38,2 nm. Hal ini sesuai dengan ukuran nanopartikel yaitu range 1-100 nm. Ukuran nanopartikel tersebut tergolong kecil disebabkan suhu sintesis rendah. Selain puncak  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ , ada puncak-puncak yang muncul yaitu adanya puncak fasa *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) yang bersifat antiferomagnetik. Munculnya fasa *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) akan mempengaruhi sifat magnetik yang dimiliki oleh  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ .

#### 4. PENUTUP

Kesimpulan dari penelitian ini adalah pada uji analisis FTIR, terbentuknya kristal *magnesium ferrite* ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) ditandai dengan adanya gugus *ferrite* sebagai karakter  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ . Adanya fasa *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) yang bersifat antiferomagnetik akan berkontribusi pada sifat magnetik  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  yang disintesis. Pada sampel A tidak terdapat gugus *ferrite*. Hal ini

disebabkan oleh beberapa faktor seperti suhu yang tidak konstan (fluktuatif) saat pengadukan sampel pada saat proses sintesis. Selain itu, pencucian sampel yang kurang bersih juga dapat menyebabkan gugus *ferrite* tidak terbentuk dalam sampel. Pada uji analisis XRD, semakin tinggi suhu sintesis maka ukuran butir nanopartikel yang dihasilkan semakin besar. Penelitian mengenai *magnesium ferrite* ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) dapat dikaji lebih lanjut untuk dijadikan referensi dalam pembuatan adsorben berskala nanometer. Penelitian bisa diperluas dengan memvariasikan suhu sintesis dan konsentrasi  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  yang lebih beragam. Suhu sintesis dijaga stabil saat pengadukan pada proses sintesis sampel agar kristal  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  yang terbentuk sempurna.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariningsih, Ening. (2016). Prospek Penerapan Teknologi Nano dalam Pertanian dan Pengolahan Pangan di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 34(1). 1-20.
- Arsyi, N. Z., Nurjannah, E., Ahlina, D. N., Budiyati, E. (2018). Karakterisasi Nano Kitosan dari Cangkang Kerang Hijau dengan Metode Gelasi Ionik. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 2(2407–8476), 106–111.
- Hermawan, A., Lismawenning, D., & Suharyadi, E. (2015). Sintesis Nanopartikel Magnesium Ferrite ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. pp. 178–183.
- Thompson, Z., Rahman, S., Yarmolenko, S., Sankar, J., Kumar, D., & Bhattarai, N. (2017). Fabrication and Characterization of Magnesium Ferrite-Based PCL/Aloe Vera Nanofibers. *Materials*, 10(8), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ma10080937>.